

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Publication number:

**0 471 321 B1**

(12)

## EUROPEAN PATENT SPECIFICATION

(45) Date of publication of patent specification: **22.11.95** (51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **B01F 5/04**

(21) Application number: **91113497.1**

(22) Date of filing: **12.08.91**

(54) **Method and apparatus for creating an increased hydrodynamic head of fluid jets.**

(30) Priority: **12.08.90 IL 95348**

(43) Date of publication of application:  
**19.02.92 Bulletin 92/08**

(45) Publication of the grant of the patent:  
**22.11.95 Bulletin 95/47**

(84) Designated Contracting States:  
**DE FR GB IT**

(56) References cited:  
**EP-A- 0 150 171**

(73) Proprietor: **APRIL DYNAMICS INDUSTRIES  
1990 LTD.  
10 Ben Gurion Street  
Ramat Gan 52573 (IL)**

(72) Inventor: **Fuks, Efim  
36 Adar Street, Apt. 12  
Herzliah 46328 (IL)  
Inventor: Fuks, Vadim  
15 Anilevitch Street  
Herzliah 46328 (IL)  
Inventor: Lunev, Vladimir  
74 Viliams Street, Apt. 86  
Odessa (SU)  
Inventor: Lunev, Sergey  
74 Viliams Street, Apt. 86  
Odessa (SU)**

(74) Representative: **VOSSIUS & PARTNER  
Postfach 86 07 67  
D-81634 München (DE)**

Note: Within nine months from the publication of the mention of the grant of the European patent, any person may give notice to the European Patent Office of opposition to the European patent granted. Notice of opposition shall be filed in a written reasoned statement. It shall not be deemed to have been filed until the opposition fee has been paid (Art. 99(1) European patent convention).

**EP 0 471 321 B1**

## Description

This patent application relates to jet technique and is intended to heat up as well as supercharge liquid in various applications.

5 It has been known that methods of generation of hydrodynamic head of fluid jet comprise mixing a liquid with a gas (a steam) and subsequent condensation in full or in part of the gaseous phase.

These methods have extensive applications in various industries and are being realized in injector devices.

10 A shortcoming of these methods is that according to theory, a liquid pressure at the injector exit cannot exceed the half-sum of both liquid and gas pressures at the injector inlet.

There is a known method for generating a hydrodynamic head of fluid jet, a method which comprises setting up a two-phase steam-liquid mixture, providing flow regime of this mixture with a velocity which is in excess of the sonic speed for this mixture and the gas phase is condensed or dissolved in shock wave - abrupt pressure rise - condensation zone (see e.g. Deich, M.E. and Philippov, G.A., "Gasodynamics of 2-phase mediums", Moscow, 1968, pp. 267-274). This method makes it possible to increase the fluid head 15 inside the post-shock zone by about one and a half times in relation to working medium pressure.

One example of such a system is shown in EP 0 150 171 which describes a supersonic injector utilizing gas absorption in a supersonic liquid-gas mixture, resulting in a shock-wave region.

The degree of this pressure increase is insufficient.

20 It is the aim of this patent application to provide a method for a substantial increase of hydrodynamic head of liquid jet inside the post-shock zone.

This aim can be obtained by side-draining at least a portion of the liquid from the shock-wave zone.

Let us consider an example of performing this method in the case where hydrous steam is used as a gaseous phase. There are two ways to create a flow of a water-steam mixture:

25 a) Mixing water and steam streams.

b) To cause liquid boiling by flowing the liquid at high speed.

For fine-dispersed homogeneous liquid-steam stream a sound speed is found in the region of 10 to 40 m/sec. By flowing this mixture with a stream velocity which exceeds the sound speed of this medium, we obtain a supersonic two-phase steam-liquid stream.

30 This is a metastable structure and it leads to a transition from supersonic flow of the steam-liquid stream to subsonic flow of a liquid stream.

This transition is accomplished in the shock wave - abrupt pressure rise - condensation zone. In the shock wave zone occurs quick and complete condensation of the steam phase of the flow. As a whole, steam energy cannot be immediately converted to heat, so a part of this energy is converted to mechanical 35 work.

It causes an increase of hydrodynamic head of fluid jet in the post shock zone.

Hydrodynamic effects taking place at side draining liquid in full or in part from the shock wave - abrupt pressure rise - condensation zone lead to an increase of hydrodynamic head of fluid jet at the post shock zone.

40 In case of full draining of the liquid, a high hydrostatic pressure is produced in the post shock zone.

Using the described method in a multi-stage device (doing the set of the above mentioned operations repeatedly), it is possible to achieve a very high absolute pressure of the fluid jet.

Mixing draining part of the flow in full or in part with the liquid incoming for generation of a two-phase steam-liquid stream results in saving both liquid and steam energy.

45 Below is a table of test results of an industrial specimen of a pump-heater device which realizes the described method.

P stream inlet (bar)	1	2	3
P water outlet (bar) with partial draining	6	9	16
P water outlet (bar) with full draining	9	14	20

Drawing 1 is a simplified description of a device which utilizes the method mentioned in this patent application. It is one of various options for implementing the process mentioned above.

55 The shown device comprises a nozzle 1 with an inlet 2 for introducing steam and coaxial to the nozzle a body 3 with an inlet 4 for introducing liquid, and a mixing chamber 5. The mixing chamber 5 comprises an outlet 6 for the liquid and an auxiliary exit (side draining) 7.

## Claims

1. A method of increasing the hydrodynamic head of a fluid jet in an injector comprising the steps of:
  - a) forming a two-phase gas-liquid or steam-liquid mixture travelling at a velocity greater than the speed of sound for the mixture;
  - b) generating a shock-wave in said mixture by causing condensation or dissolving of said steam or gas in said liquid, whereby the velocity of said mixture is no longer supersonic, thereby causing a shock-wave at a shock-wave zone, whereat the pressure of said flow increases abruptly, characterized in side draining at least a portion of the liquid from the shock-wave zone, whereby the pressure rise caused by said shock wave is increased.
2. A method according to claim 1 wherein the step a) comprises the step of supplying a liquid and a gas, whereby the two-phase mixture is a gas-liquid mixture.
3. A method according to claim 1 wherein the step a) comprises the step of supplying a liquid and a steam whereby the two-phase mixture is a steam-liquid mixture.
4. A method according to claim 1 wherein the step a) comprises the step of supplying a liquid and increasing the speed of the liquid such that the liquid boils.
5. A method according to claim 2 or claim 3 wherein the two-phase supersonic mixture is formed by mixing liquid with a supersonic stream of gas or steam.
6. A method according to any of claims 2 to 5 wherein the supplied liquid is comprised of fresh liquid and drained liquid.
7. A method according to claim 1 wherein the two-phase supersonic mixture is formed by mixing liquid with a supersonic stream of gas or steam.
8. A method of according to any of claims 2 to 6 characterized by repeating the method steps of any of the preceding claims wherein the high-pressure liquid is supplied as part of the step of supplying.
9. Injector apparatus for increasing the head of a fluid jet comprising:
  - a gas or steam inlet (2);
  - a liquid inlet (4);
  - means (1,3) for forming a two-phase gas-liquid or steam-liquid mixture travelling at a velocity greater than the speed of sound for the mixture;
  - a flow conduit (5), which receives the two-phase supersonic mixture from the means for forming, within which conduit a shock wave is generated in said mixture by causing condensation or dissolving of said steam or gas in said liquid, whereby the velocity of said mixture is no longer supersonic, thereby causing a shock-wave whereat the pressure of said flow increases abruptly, characterized by a side drain (7) at the zone of the shock-wave which drains at least a portion of the liquid from the zone of said shock-wave, whereby the pressure rise caused by said shock wave is increased.
10. Apparatus according to claim 9 wherein the means for forming comprises means for forming a two phase gas-liquid mixture travelling at a velocity greater than the speed of sound for the mixture.
11. Apparatus according to claim 9 wherein the means for forming comprises means for forming a two phase steam-liquid mixture travelling at a velocity greater than the speed of sound for the mixture.
12. Apparatus according to any of claims 9 to 11 and comprising means (3, 4) for mixing liquid with a supersonic stream of gas or steam thereby forming said two phase supersonic mixture.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Erhöhen des hydrodynamischen Drucks einer Fluidströmung in einer Einspritzvorrichtung mit den Schritten:

- a) Erzeugen eines Gas-Flüssigkeit- oder Dampf-Flüssigkeit-Zweiphasengemischs, das sich mit einer Geschwindigkeit bewegt, die höher ist als die Schallgeschwindigkeit für das Gemisch;  
 b) Erzeugen einer Schockwelle im Gemisch, indem veranlaßt wird, daß sich der Dampf oder das Gas in der Flüssigkeit verflüssigt oder auflöst, so daß die Geschwindigkeit des Gemischs nicht länger im Überschallbereich liegt, wodurch eine Schockwelle in einem Schockwellenbereich erzeugt wird, wobei der Druck der Strömung abrupt zunimmt,  
**dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens ein Teil der Flüssigkeit aus dem Schockwellenbereich seitlich entzogen wird, wodurch die durch die Schockwelle verursachte Druckerhöhung vergrößert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt a) den Schritt aufweist: Zuführen einer Flüssigkeit und eines Gases, so daß das Zweiphasengemisch ein Gas-Flüssigkeit-Gemisch ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt a) den Schritt aufweist: Zuführen einer Flüssigkeit und eines Dampfes, so daß das Zweiphasengemisch ein Dampf-Flüssigkeit-Gemisch ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt a) den Schritt aufweist: Zuführen einer Flüssigkeit und Erhöhen der Geschwindigkeit der Flüssigkeit, so daß die Flüssigkeit siedet.
5. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei das sich mit Überschallgeschwindigkeit bewegendes Zweiphasengemisch durch Mischen einer Flüssigkeit mit einer sich mit Überschallgeschwindigkeit bewegendes Gas- oder Dampfströmung gebildet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei die zugeführte Flüssigkeit aus einem Anteil frischer Flüssigkeit und einem Anteil entzogener Flüssigkeit besteht.
7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das sich mit Überschallgeschwindigkeit bewegendes Zweiphasengemisch durch Mischen einer Flüssigkeit mit einer sich mit Überschallgeschwindigkeit bewegendes Gas- oder Dampfströmung gebildet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Verfahrensschritte eines der vorstehenden Ansprüche wiederholt werden, wobei im Schritt zum Zuführen einer Flüssigkeit eine Hochdruckflüssigkeit zugeführt wird.
9. Einspritzvorrichtung zum Erhöhen des Drucks einer Fluidströmung, mit:  
 einem Gas- oder Dampfeinlaß (2);  
 einem Flüssigkeitseinlaß (4);  
 einer Einrichtung (1, 3) zum Erzeugen eines Gas-Flüssigkeit- oder eines Dampf-Flüssigkeit-Zweiphasengemischs, das sich mit einer Geschwindigkeit bewegt, die höher ist als die Schallgeschwindigkeit für das Gemisch;  
 einem Strömungskanal (5), der das sich mit Überschallgeschwindigkeit bewegendes Zweiphasengemisch von der Einrichtung zum Erzeugen des Zweiphasengemischs aufnimmt, wobei im Kanal eine Schockwelle im Gemisch erzeugt wird, indem veranlaßt wird, daß der Dampf oder das Gas sich in der Flüssigkeit verflüssigt oder auflöst, so daß die Geschwindigkeit des Gemischs nicht länger im Überschallbereich liegt, wodurch eine Schockwelle erzeugt wird, wobei der Druck der Strömung abrupt zunimmt,  
**gekennzeichnet durch** einen Seitenabzugskanal (7) im Bereich der Schockwelle, durch den mindestens ein Teil der Flüssigkeit aus dem Bereich der Schockwelle entzogen wird, so daß die durch die Schockwelle verursachte Druckerhöhung vergrößert wird.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Einrichtung zum Erzeugen eines Zweiphasengemischs eine Einrichtung zum Erzeugen eines Gas-Flüssigkeit-Zweiphasengemischs aufweist, das sich mit einer Geschwindigkeit bewegt, die höher ist als die Schallgeschwindigkeit für das Gemisch.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Einrichtung zum Erzeugen eines Zweiphasengemischs eine Einrichtung zum Erzeugen eines Dampf-Flüssigkeit-Zweiphasengemischs aufweist, das sich mit einer Geschwindigkeit bewegt, die höher ist als die Schallgeschwindigkeit für das Gemisch.

12. Vorrichtung nach eines der Ansprüche 9 bis 11, ferner mit einer Einrichtung (3, 4) zum Mischen einer Flüssigkeit mit einer sich mit Überschallgeschwindigkeit bewegenden Gas- oder Dampfströmung, wodurch das sich mit Überschall bewegende Zweiphasengemisch gebildet wird.

## 5 Revendications

1. Procédé permettant d'augmenter la pression hydrodynamique d'un jet de fluide dans un injecteur, le procédé comprenant les opérations suivantes :
  - a) former un mélange à deux phases gaz-liquide ou vapeur-liquide se déplaçant à une vitesse supérieure à la vitesse du son relative au mélange ;
  - b) produire une onde de choc dans ledit mélange en provoquant la condensation ou la dissolution de ladite vapeur ou dudit gaz dans ledit liquide, de sorte que la vitesse dudit mélange n'est plus supersonique, ce qui crée une onde de choc en une zone d'onde de choc, où la pression de l'écoulement augmente brusquement,
 caractérisé par l'opération consistant à évacuer latéralement au moins une partie du liquide hors de la zone d'onde de choc, de sorte que l'élévation de pression créée par ladite onde de choc augmente.
2. Procédé selon la revendication 1, où l'opération a) comprend l'opération consistant à fournir un liquide et un gaz, de sorte que le mélange à deux phases est un mélange gaz-liquide.
3. Procédé selon la revendication 1, où l'opération a) comprend l'opération consistant à fournir un liquide et une vapeur, de sorte que le mélange à deux phases est un mélange vapeur-liquide.
4. Procédé selon la revendication 1, où l'opération a) comprend l'opération consistant à fournir un liquide et à augmenter la vitesse du liquide de façon que le liquide entre en ébullition.
5. Procédé selon la revendication 2 ou 3, où on forme le mélange supersonique à deux phases en mélangeant du liquide avec un courant supersonique de gaz ou de vapeur.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, où le liquide fourni est constitué de liquide nouveau et de liquide évacué.
7. Procédé selon la revendication 1, où on forme le mélange supersonique à deux phases en mélangeant du liquide avec un courant supersonique de gaz ou de vapeur.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, caractérisé en ce qu'on répète les opérations de l'une quelconque des revendications précédentes, où le liquide sous haute pression est fourni au titre d'une partie de l'opération de fourniture.
9. Appareil injecteur permettant d'augmenter la pression d'un jet de fluide, l'appareil comprenant :
  - une entrée (2) de gaz ou de vapeur ;
  - une entrée (4) de liquide ;
  - un moyen (1, 3) servant à former un mélange à deux phases gaz-liquide ou vapeur-liquide se déplaçant à une vitesse supérieure à la vitesse du son relative au mélange ;
  - une conduite d'écoulement (5), qui reçoit le mélange supersonique à deux phases de la part du moyen de formation, une onde de choc étant produite à l'intérieur de la conduite dans ledit mélange par condensation ou dissolution de ladite vapeur ou dudit gaz dans ledit liquide, de sorte que la vitesse dudit mélange n'est plus supersonique, ce qui crée une onde de choc où la pression dudit écoulement augmente brusquement,
  - caractérisé par une évacuation latérale (7) placée dans la zone de l'onde de choc, qui évacue au moins une partie du liquide hors de la zone de ladite onde de choc, de sorte que l'élévation de pression créée par ladite onde de choc augmente.
10. Appareil selon la revendication 9, où le moyen de formation comprend un moyen servant à former un mélange à deux phases gaz-liquide se déplaçant à une vitesse supérieure à la vitesse du son relative au mélange.

**11.** Appareil selon la revendication 9, où le moyen de formation comprend un moyen servant à former un mélange à deux phases vapeur-liquide se déplaçant à une vitesse supérieure à la vitesse du son relative au mélange.

5 **12.** Appareil selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, comprenant un moyen (3, 4) servant à mélanger du liquide avec un courant supersonique de gaz ou de vapeur, de manière à former ledit mélange supersonique à deux phases.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

